**Chapitre 01. Bioénergétique et rôle de l’ATP**

**Généralités**

La survie de la cellule nécessite un apport énergétique continuel qui permet des fonctionnements physiologiques comme l’osmose, les mouvements, les réactions biochimiques,…etc.

La bioénergétique est la discipline qui étudie les transformations énergétiques au niveau de la cellule.

Un système est une région de l’univers ou s’effectue les transformations et les réactions

On peut distinguer trois types de système :

Système ouvert : échange l’énergie et la matière, exemple : la cellule

Système fermé : échange l’énergie mais pas de matière, exemple : bouteille d’eau

Système isolé : n’échange ni la matière ni l’énergie, exemple : univers.

Les évènements du monde biologique, comme les transformations énergétiques se réfèrent aux deux principes de la thermodynamique

**Le 1er principe : conversion d’énergie**

- Quantité totale de l’énergie reste **constante** : il n'y a ni création, ni perte d'énergie, mais uniquement des transformations d'énergie.

« Rien ne se perd, rien ne se forme, tout se transforme » Antoine Lavoisier.

-Exemple : l’hydrolyse de l’ATP (énergie chimique) est nécessaire à la contraction musculaire (énergie mécanique) => transformation d’une forme d’énergie à une autre.

**Le 2ème principe : augmentation de l’entropie**

- Lors de la production d’énergie, les systèmes intervenants évoluent d’un état ordonné vers un état moins ordonné.

- Le désordre obtenu est appelé **Entropie.**

D’un point de vue énergétique , le système peut fournir une énergie au milieu extérieur ou y puiser une certaine quantité d’énergie, **la variation d’énergie libre** **(ΔG).**

**1 .la variation d’énergie libre** **(ΔG).**

**1.1. Cas d’une réaction biochimique**

**α A + β B γ C + δ D**

On définit la réaction suivante, de gauche à droite à pression constant et de variation d’enthalpie libre du système en évolution :

**ΔG = ΔGo + R.T.ln**

**ΔG : V**ariation de l’énergie libre en J/mol

**ΔGo :**Variation del’énergie libre standard ou initiale en J/mol, (La concentration standard ou initiale des réactants égale à 1 mol/l, température 298 K).

**R**: Constante des gaz parfaits, 8.32 J/mol/K

**T :** Température en Kelvin (t en Co +273).

[A]i , [B]i , [C]i , [D]i , concentrations initiales des réactants, mol/l.

Lorsque :

* **ΔG > 0,** la réaction est dite **endergonique**, elle est thermodynamiquement défavorisée, (elle consomme de l’énergie).

Exemple :

**Synthèse de l’ATP**

**ADP + Pi + H3O+ → ATP + 2 H2O**

**Variation d’enthalpie libre standard : ΔG°' = 30,5 kJ⋅mol-1.**

* **ΔG < 0,** la réaction est dite **exergonique**, elle est thermodynamiquement favorisée, (elle libère de l’énergie).

Exemple :

**Hydrolyse de l’ATP en ADP :**

**ATP + 2 H2O → ADP + Pi + H3O+**

**Variation d’enthalpie libre standard : ΔG°' = -30,5 kJ⋅mol-1.**

* **ΔG = 0, La** réaction est en l’état d’**équilibre** (système fermé), et **stationnaire** (système ouvert).

Exemple :

Combustion du propane par l’oxygène.

C3H8 + 5O2  3CO2 + 4 H2O

A l’état d’equilibre, **ΔG = 0.**

**ΔGo= - R.T.ln**

[A]e , [B]e , [C]e , [D]e, Concentration s molaires des réactants en equilibre en mol/l

La constante d’equilibre K pour la réaction considérée de gauche à droite est définie par la relation :

K=

Donc, ΔGo= - R.T.ln K

Prévisions du sens de réactions après la valeur ΔGo

**1.2. Cas d’une réaction biochimique faisant intervenir des protons**

**α A + β B +nH+ γ C + δ D**

pour une réaction de gauche à droite,

**ΔG = ΔGo + R.T.ln**

**1.3. Cas de réactions d’oxydo-réduction**

La réaction d’oxydo-réduction permet le transfert des electrons,

oxydation

**α red β ox +** n ē

réduction

Le potentiel redox E, est calculé par la relation de Nernst (condition pas de présence d’autres espèces ioniques) :

E = Eo + ln

E : Potentiel redox en Volts

Eo: Potentiel redox dans les conditions standars en volts ( [Ox]= [ red]=1 mol/l, 298 K (25C°).

**R**: Constante des gaz parfaits, 8.32 J/mol/K

**F=** 96500 J/V/mol

[ ox] : concentration de la forme oxydé

[ red] : concentration dela forme réduite.

En cas de l’intervention des protons, à pH=7 classiquement fixé, on remplace RTF par les valeurs respectives et le logarithme décimale au népérien

E = Eo + log

S’il n y a pas d’intervention de protons dans l’equilibre redox, E=Eo

Lors d’une réaction oxydo-réduction, les electrons vont du couple ayant un potentiel donné vers un potentiel supérieur.

**ΔGo** = - n. F. **ΔEo**

Dans les conditions non standards :

**ΔG**= - n. F. **ΔE**

Dans l’expression précédente, la variation du potentiel est toujours positive.

Plus la variation du potentiel est importante, plus l’effet énergétique est grande.

**2. Rôle de l’ATP**

**2.1. Composés à haut potentiel d’hydrolyse et couplage énergétique**

Les besoins énergétiques de la cellule sont fournis par l’oxydation des nutriments, et l’énergie libérée est stockée **composés à haut potentiel d’hydrolyse** comme ATP.

Certains produits peuvent jouer le rôle de L’ATP comme le pyruvate, ADP,…..etc.



La forte valeur de la variation de l’énergie libre des composés à haut potentiel d’hydrolyse permet le déroulement grâce au **couplage énergétique** les réactions impossible sur le plan de thermodynamique.

**2.2. La formation des composés à haut potentiel d’hydrolyse**

L’énergie se forme lors l’oxydation de divers nutriments et se stocke sous forme ATP par la phosphorylation de l’ADP. Cette phosphorylation se réalise :

* Sur le substrat au cours d’une réaction d’oxydation ou après.
* Par le transfert des protons au cours de l’oxydation du substrat

**2.2.1. Formation de l’ATP par phosphorylation liée au substrat**

**2.2.2. Synthèse par phosphorylation oxydative**

La chaine respiratoire est un ensemble de structures impliquées dans les processus d’oxydo-réduction. Sa fonction principale est de réoxyder au dépens de l’oxygène, les coenzymes réduits produits lors du catabolisme cellulaires, cette ré oxydation est appelée « synthèse de l’ATP par phosphorylation oxydative »

L’oxydation mitochondriale de NADH (**ΔG<0)** est couplé à un transport actif des protons de la matrice de mitochondrie vers le cytosol (ΔG**>0).** L’élément de couplage est la chaine respiratoire localisée dans la membrane interne des mitochondries. Le transport actif de proton crée une différence de potentiel électrochimique du proton (élevé dans le cytoplasme, faible dans la matrice)

La diffusion spontanée des protons du cytosol vers la matrice dans le sens de potentiel électrochimique décroissante (**ΔG<0)** estcouplé de la phosphorylation de l’ADP en ATP dans la matrice mitochondrial (**ΔG>0).** L’élément de couplage est l’**ATP synthase** dans la membrane interne de la mitochondrie.